

5. CO₂圧入予備実験のモニタリングについて

(株) 環境総合テクノス マネジャー 藤田 眞仁

1. はじめに

CO₂の石炭層への圧入における安全性および環境への影響把握を目的とし、平成14年度にはモニタリングの考え方および手法について検討を行い、その結果を踏まえ、平成15年度には現地踏査により現地の状況を把握した上で、CO₂圧入予備実験場所の周辺環境に適したモニタリング調査地点の選定を行い、モニタリングを開始した。平成16年度には手法の改良や調査地点の追加を行い、モニタリングを継続している。平成16年度におけるモニタリング結果の概要を以下に示す。

2. 平成16年度モニタリング

(1) 測定内容

CO₂圧入予備実験場所および周辺地域におけるモニタリング内容を表2.1に示す。平成16年度は平成15年に決定した調査地点および水準点において、地盤変位モニタリング（水準測量、傾斜計観測）、環境モニタリング（土壌ガス濃度測定、地下水測定など）を実施した。平成16年度に実施したモニタリング実施工程を表2.2、調査地点を図2.1、図2.2に示す。

表 2.1 モニタリングの内容

測定項目		目的	内容
環境	地盤変位 モニタリング	水準測量	断層や試錐井跡からの漏洩を地形変形の状態で監視する。
		傾斜計観測	水準測量を補完するため、傾斜計を用いて、地表での地形変形の有無を監視する。
	ガス モニタリング	定点のCO ₂ 、CH ₄ 土壌ガス濃度測定	大気中、土壌中でのCO ₂ 、CH ₄ ガス濃度、炭素同位体比を把握する。
		定点の地下水測定	地中におけるCO ₂ の地下水との干渉程度を把握する。
		定点のγ線スペクトル測定	地中におけるCO ₂ 圧入、CO ₂ 漏洩の監視をする。
CO ₂ 挙動 モニタリング	傾斜計観測	圧入したCO ₂ が炭層内に固定されたことを確認する。	

表 2.2 平成 16 年度モニタリング実施工程

項目		年 月	平成 16 年						平成 17 年			
			5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
環境	地盤変位	水準測量		□		□			□			
		傾斜計観測 (共和電業(株)製 傾斜計)	連続観測									
	ガス	土壌ガス濃度	□	□	□	□	□	□	□			
		地下水水質	□		□	□			□			
		γ線測定		□	□	□	□	□	□			
CO ₂ 挙動モニタリング	高精度傾斜計 観測			□設置			□設置					
		連続観測										

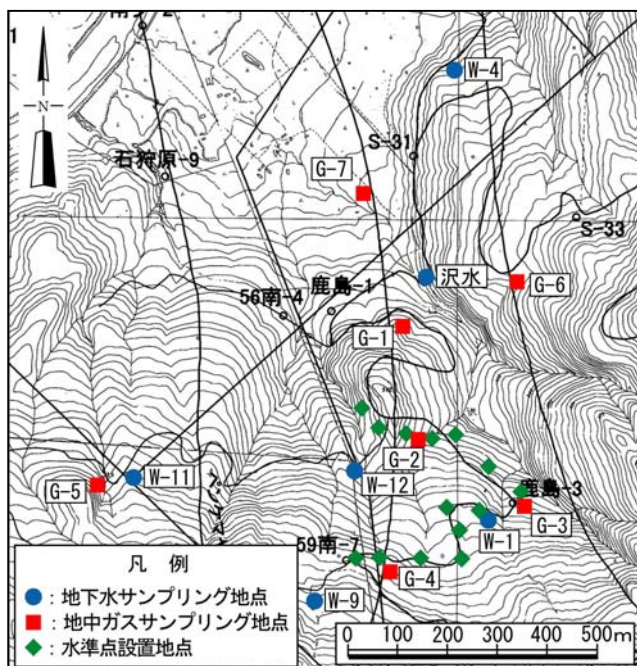


図 2.1 調査地点 (全体)

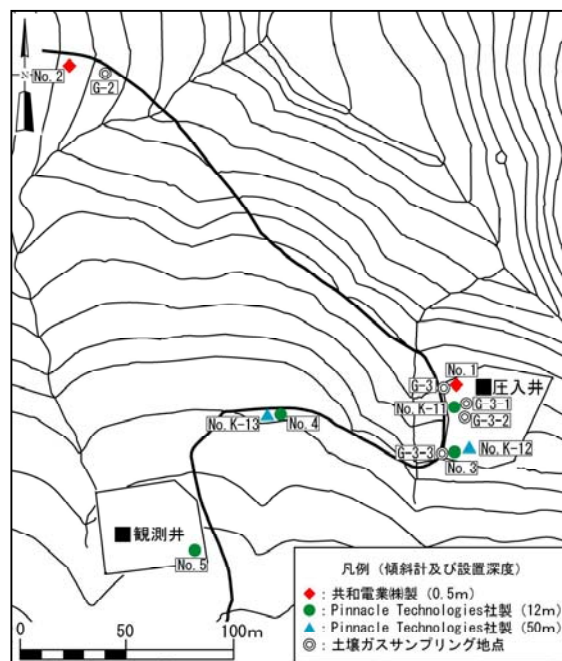


図 2.2 調査地点 (圧入井、観測井周辺)

(2) 測定結果

① 環境モニタリング

a. 水準測量

(a) 方法

平成 15 年度に設けた水準点 (P1～P9) に加えて、観測井近くの断層露頭地点を越えて 7 地点 (P21～P27) および観測井敷地内の 1 地点 (P28) に水準点を設けた。その水準点の一等水準測量を実施した。水準点の設置状況を図 2.3 に示す。

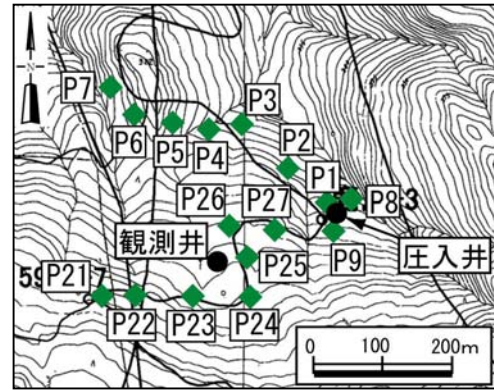


図 2.3 水準点設置地点

(b) 調査結果

H15、16 年度の結果を図 2.4 に示す。P2、P3 が積雪期を挟んで変化したが、除雪作業の影響であり、CO₂ 圧入の影響が初期に及ぶと考える試掘鹿島 3 号と断層において地盤の変化はなく、CO₂ 圧入による影響は見られなかった。

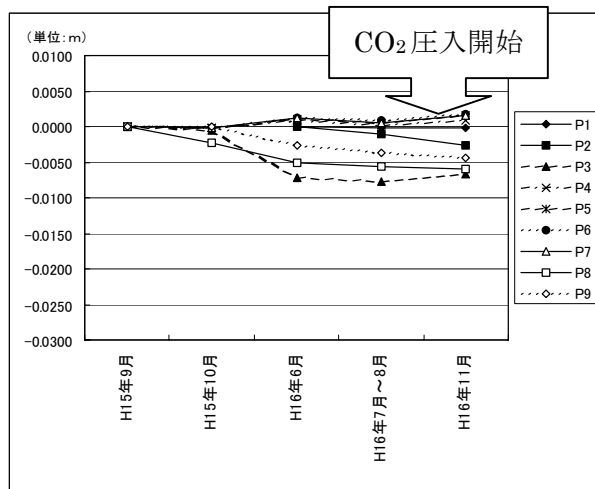


図 2.4 水準測量結果

b. 傾斜計観測 (共和電業(株)製傾斜計)

No.1 および No.2 に設置している傾斜計は、共和電業(株)製 BKK-A-1-D 型 (直交 2 軸センサー、定格容量は $\pm 1^\circ$) であり、地表より約 0.5m 深さに設置し観測を行っている。

No.1 における観測結果を図 2.5 に示す。平成 15 年の圧入井掘削時には重機のノイズを拾ったが、積雪と共に安定していた。平成 16 年 4 月 9 日に除雪作業の影響を受けたが、その後、次第に回復し、7 月に作業車両が入っても、圧入井近傍は重機の出入りが比較的少なく、安定していた。10 月に入ると CO₂ 圧入のための作業車両のノイズを拾っている。

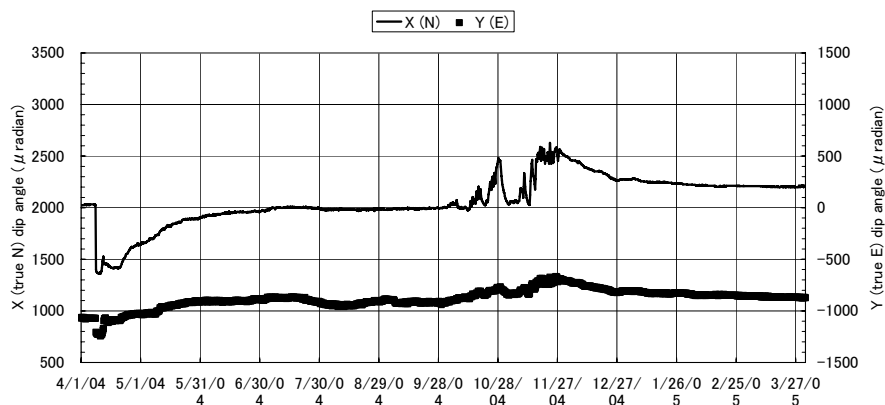


図 2.5 No. 1 における傾斜計観測結果

c. 定点の CO₂ 濃度測定

(a) 方法

土壌ガスについては、昨年度の定点ポイントは変更しなかったが、データが安定しないためかかったので採集孔を地下に大きくした試料採取方法に見直した。採取方法模式図を図 2.6 に示す。土壌ガス中の CO₂ と CH₄ の測定は、現場での測定とサンプリングバッグ (1L) にガスを採取してガスクロマトグラフで測定する 2 通りの測定を実施した。

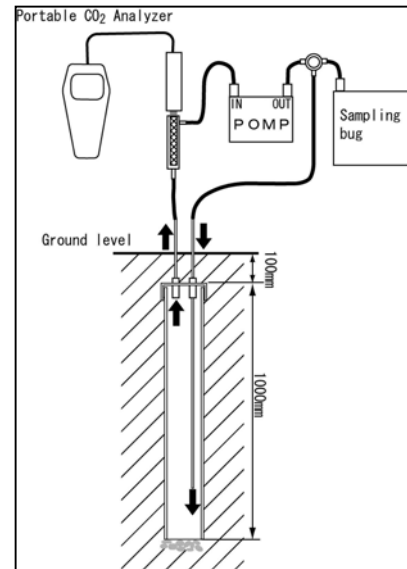


図 2.6 土壌ガス採取方法の模式図

(b) 調査結果

現場測定における土壌中の CO₂ 濃度の調査結果を図 2.7 に、CO₂ 圧入前および圧入中の土壌ガスにおける炭素同位体比の測定結果を図 2.8 に示す。土壌中の CO₂ 濃度は変動はみられるものの圧入開始後に大きく増加した地点はなく、圧入による各地点への影響はみられない。また、圧入ガスと土壌ガスの炭素同位体比は異なり、土壌ガスの炭素同位体比は生物起源の値を示していることから、CO₂ 圧入の影響はみられない。

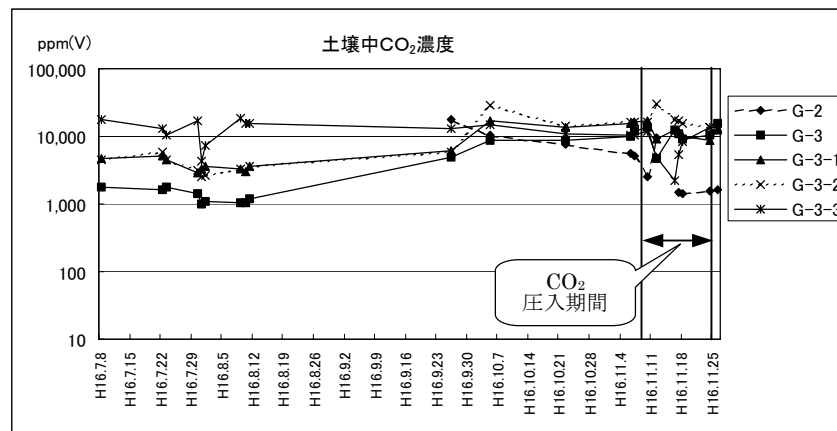


図 2.7 土壌中の CO₂ 濃度

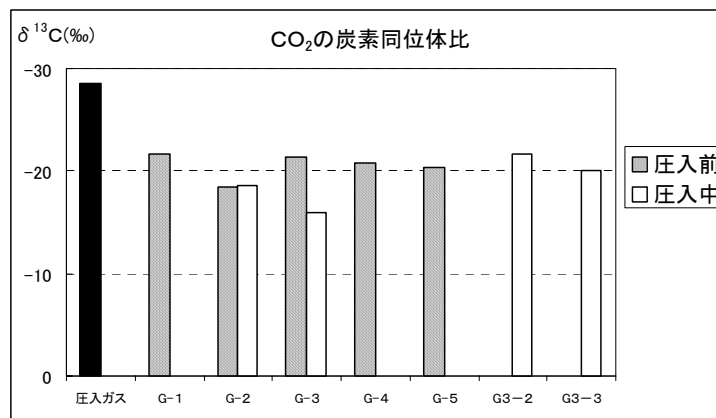


図 2.8 土壌中の CO₂ の炭素同位体比

d. 定点の地下水測定

(a) 方法

今年度は、CO₂圧入の前後で地下水環境に影響が及んでいるかどうかを確認するために、現地においてサンプリングを4回（5/13、7/24、8/11、11/17）実施し、持ち帰って分析を行った。分析項目はCa、Mg、Na、K、Cl、SO₄、アルカリ度、NO₃-N等である。

(b) 調査結果

水質分析結果の各地点のヘキサダイアグラムを図 2.9 に示す。ヘキサダイアグラムでは同じような水質だとその形が似ており、また面積が大きいほど溶存物の量が多いことを示している。地下水のタイプは大きく3種類に分かれる。

(a) 溶存物の少ない表流水タイプ

<W-9、W-12>

(b) 陰イオンでは硫酸イオンが多いタイプ

<W-4、沢水>

(c) 炭酸カルシウム型に近いタイプ

<W-1、W-11>

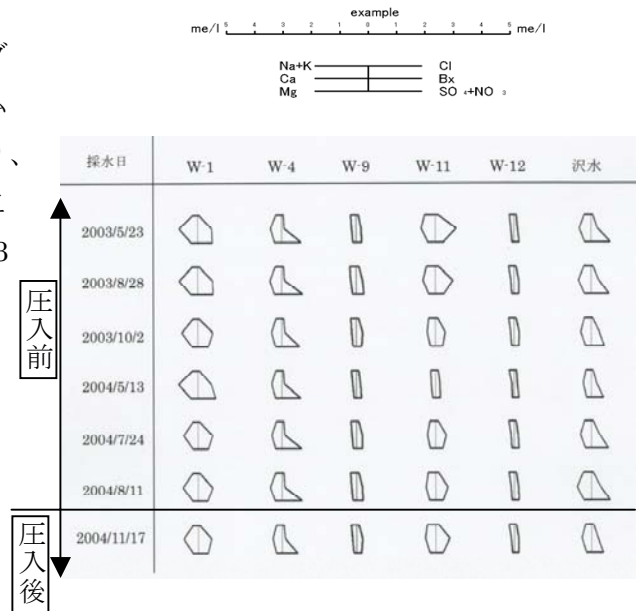


図 2.9 水質調査結果

各地点の水質は安定しており、CO₂圧入開始後の試験結果は、各地点とも、特に変化は見られない。

e. 定点のγ線スペクトル測定

(a) 方法

傾斜計 No.1、No.2、No.4、No.5 の設置ポイントならびに鹿島3近傍に深度約 40cm の観測孔を設けて、Aloka 製 JSM-102NaI(Tl) (3 インチ) シンチレーションスペクトロメータを用いたγ線波高分析法でγ線スペクトルを測定した。

(b) 調査結果

圧入井近傍の傾斜計 No.1 地点の測定結果を図 2.10 に、傾斜計 No.2 地点の測定結果を図 2.11 に示す。傾斜計 No.1 地点では、CO₂ 圧入開始よりγ線強度に変化がみられており、一方、圧入井から離れている傾斜計 No.2 の地点では特に大きな変化はみられなかった。

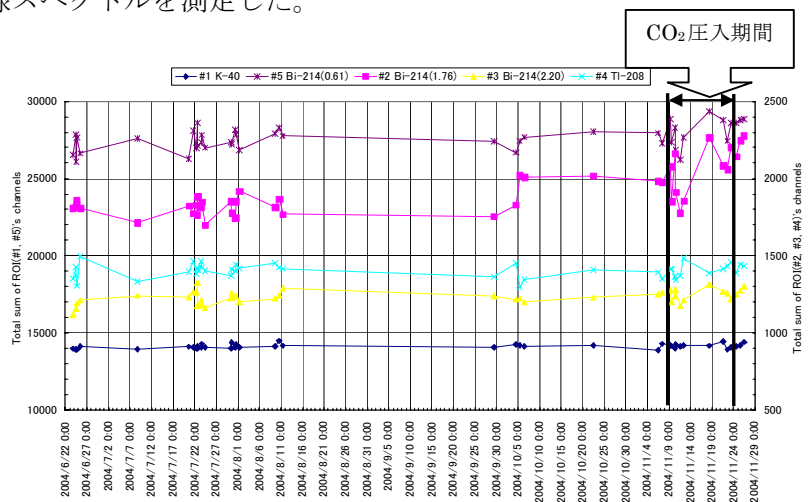


図 2.10 γ線スペクトル測定結果（傾斜計 No.1 地点）

これは、圧入井に近い傾斜計 No.1 の地点では、CO₂ 圧入により圧力が伝達し、地表近くまでラドンがパルス状に押し出されことにより、放射線強度が上昇したものと考えられる。

よって、 γ 線スペクトル測定は圧入した CO₂ の炭層内における挙動を把握する方法として有効な技術の一つである可能性が考えられることから、今後さらなるデータ収集と解析を進めることとしている。

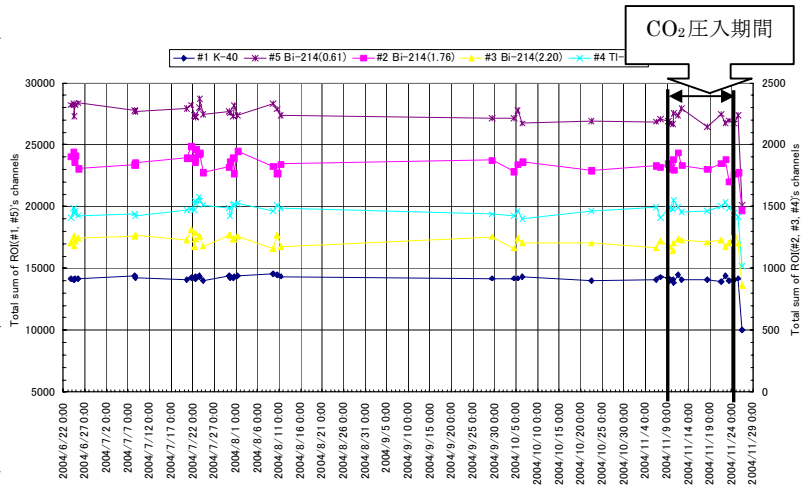


図 2.11 γ 線スペクトル測定結果 (傾斜計 No.2 地点)

② CO₂ 挙動モニタリング

a. 高精度傾斜計観測

No.3、No.4、No.5 および No.K-11、No.K-12、No.K-13 に設置している傾斜計は、Pinnacle

Technologies 社製 5500 傾斜計

(分解能は 1 ナノラジアン (約 10⁻⁴ 秒)) であり、設置場所の深さは、No.K-12 および No.K-13 が地表面より約 50m、その他の地点は地表面より 12m である。

圧入井より西南西 15m に位置する No.K-11 における観測結果を図 2.12 に、圧入井より南南西 45m に位置する No.3 における観測結果を図 2.13 に示す。No.K-11 では CO₂ 圧入後に圧入の影響によると考えられる変動がみられ、地盤が北側に約 30 μ radian 傾斜しており、南側が上昇していた。このことより、圧入した CO₂ は圧入井より南東側に圧入された可能性が考えられる。なお、No.3 ではほとんど変動は確認されなかった。

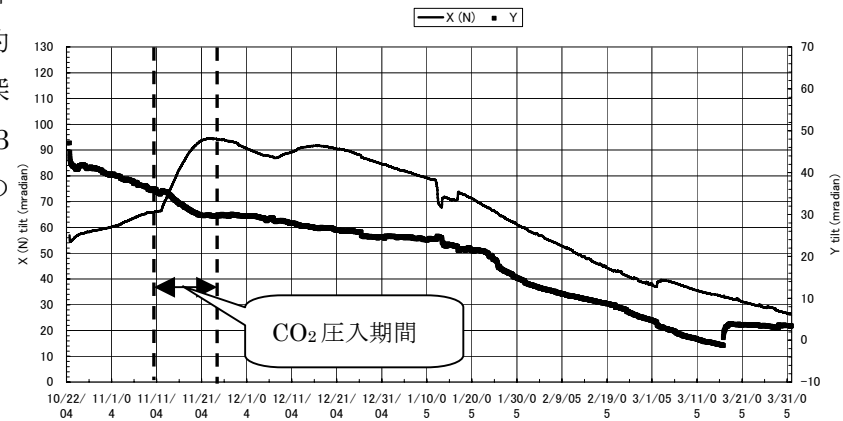


図 2.12 No.K-11 における傾斜計観測結果

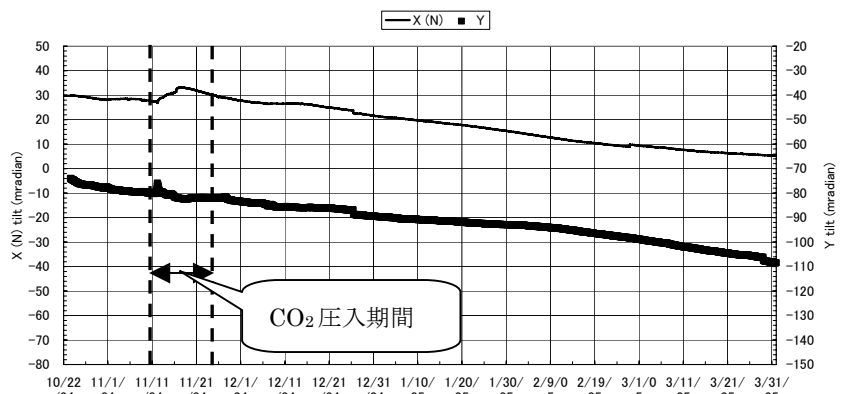


図 2.13 No.3 における傾斜計観測結果

3. 平成 17 年度モニタリング内容

平成 17 年度のモニタリング作業工程は表 3.1 に示すとおりであり、平成 16 年度に実施した調査項目を継続実施し、CO₂の圧入前、圧入中、圧入後においてモニタリングを実施している。

平成 17 年度は圧入井周辺の変動把握を重点目的とし、圧入井の東側の 2 地点に傾斜計を設置した。傾斜計の配置図を図 3.1 に示す。また、圧入井近傍における 3 地点 (G-3、G-3-1、G-3-3) の土壌ガスについて連続測定装置による連続測定を、CO₂連続圧入前より開始した。

表 3.1 平成 17 年度モニタリング実施工程

項目		年 月	平成 17 年											
			4	5	6	7	8	9	10	11	12			
CO ₂ 圧入														
環境	地盤変位	水準測量		□			□		□					
		傾斜計観測	連続観測											
	ガスモニタリング	土壌ガス濃度	□					□	□	□			□	
		土壌ガス濃度	□	□			□	□					□	
		土壌ガス濃度												
		地下水水質		□				□	□			□		
	γ線測定	□	□	□			□					□		
CO ₂ 挙動モニタリング	高精度傾斜計観測	□設置 連続観測												

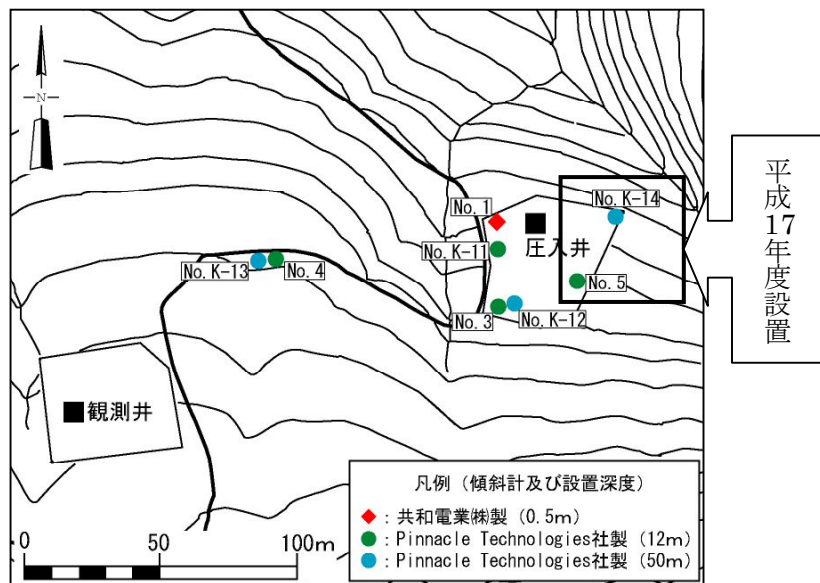


図 3.1 傾斜計配置